

сти полученных комплексов, лигандов и солей меди(II) проводилось на клеточной линии Нер-2 (клетки рака гортани) с помощью прибора IN Cell Analyzer 2200. Клетки культивировались в 96 луночных планшетах при 48 или 72 часах воздействия препаратов. Активность соединений была исследована в диапазоне концентраций 1–50  $\mu\text{M}$ .

Соли меди(II) и все лиганды, кроме  $\text{HL}^2$ , содержащего в качестве заместителя фенилхлорид, оказались нетоксичны по отношению к клеточной линии Нер-2. Токсичность  $\text{HL}^2$  оказалась значительно меньше токсичности его медного комплекса. Остальные соединения проявляют цитотоксичность в нижнем микромолярном диапазоне концентраций, при этом значения  $\text{IC}_{50}$

варьируются от 18 до 25  $\mu\text{M}$ . Например, для комплекса меди(II) с лигандом  $\text{HL}^1$  ( $\text{R}=\text{Ph}$ ) параметр полумаксимального ингибирования  $\text{IC}_{50}$  составил  $25,4 \pm 0,5$   $\mu\text{M}$  (рис. 2).

Таким образом, в ходе работы получен и охарактеризован набор физико-химических методов ряд комплексов меди(II) с производными енаминдиона. Изучена цитотоксичность соединений и показано, что все комплексы и лиганд  $\text{HL}^2$  проявляют активность в нижнем микромолярном диапазоне концентраций.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 16-33-00929). Благодарим д.х.н. Доценко В.В. (КубГУ, г. Краснодар) за предоставленные органические лиганды.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ СЕВЕРСКОЙ ТЭЦ

М.К. Жетписбаева, Д.С. Трушина

Научный руководитель – к.т.н., доцент О.К. Семакина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, j.m.k.97@mail.ru

При сгорании углей при температуре 1100–1600 °С дымовыми газами уносятся мелкие и легкие частицы золы, называемые «золой-уноса». Содержание твердых отходов после сжигания бурых и каменных углей составляет от 15 до 40 %.

В составе золошлаковой смеси (ЗШС) обычно количество золы составляет 70–90 % остальное – угольный шлак, образующийся при сплавлении частиц золы размером от 0,15 до 30 мм. Шлаки измельчаются и удаляются с помощью воды. Кроме золы и шлака в составе ЗШС находятся частицы несгоревшего топлива, так называемый недожог, количество которого составляет 10–25 %.

Объектом исследования являются отходы

шлака после сжигания угля на Северной ТЭЦ. Целью исследования является определение фракционного состава шлака, разделение его в

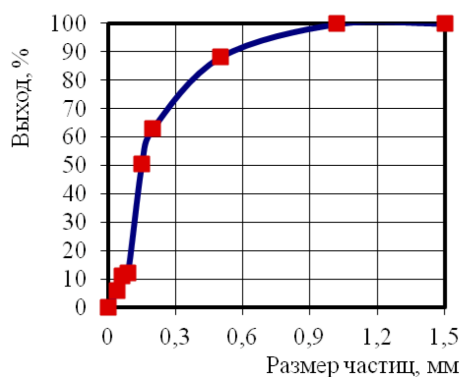


Рис. 1. Фракционный состав шлака

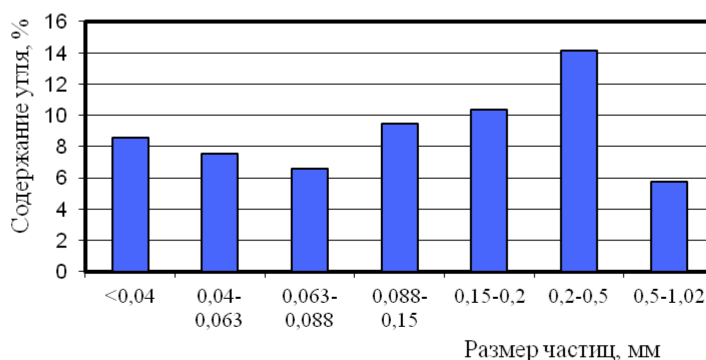


Рис. 2. Гистограмма содержания угля в шлаковых отходах различных фракций

**Таблица 1.** Содержание легкой и тяжелой фракций в шлаке

Плотность тяжелой жидкости, г/см <sup>3</sup>	Масса навески, г	Выход, %
> 3,30	0,74	50,3
2,96–3,30	0,66	44,9
< 2,96	0,07	4,8

тяжелой жидкости и определение недожога в каждой фракции.

Фракционный состав шлака определяли ситовым методом. Как видно из рис. 1, размер шлаковых частиц представлен в основном фракцией от 88 мкм до 1000 мкм и составляет 87,5 %.

После определения фракционного состава шлака исследовалось содержание тяжелой (ТФ) и легкой (ЛФ) фракций в шлаке. Навеска шлакового песка помещалась в воронку с краном, куда наливалась тяжелая жидкость, в качестве которой использовались бромформ плотностью 2,96 г/см<sup>3</sup> и перфторметилметапентан плотностью 3,30 г/см<sup>3</sup>. Результаты опыта приведены в табл. 1, из которой видно, что 50,3 % частиц имеют плотность более 3,30 г/см<sup>3</sup>, а частиц с плот-

ностью менее 2,96 г/см<sup>3</sup> всего 4,8 %.

Дальнейшие исследования проводились для определения недожога, содержащегося в каждой фракции шлака и в образцах, полученных в тяжелых жидкостях. Образцы шлака прокаливались в муфельной печи при температуре 800 °С в течение 4-х часов, после чего определяли убыль веса образцов, представленной на рис. 2.

Как видно из гистограммы, наибольшее количество несгоревшего угля находится во фракции 0,2–0,5 мм и составляет 14,2 %, меньшее количество (5,7 %) содержится во фракции 0,5–1,02 мм.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что общее количество несгоревшего угля в шламе составляет 8,9 %.

## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ИСКРОВОГО ПЛАЗМЕННОГО СПЕКАНИЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ОКСИНИТРИДА АЛЮМИНИЯ

Д.А. Забелин, А.С. Чайникова, Н.Е. Щеголева  
Научный руководитель – к.т.н. А.С. Чайникова

*Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов ГНЦ РФ  
105005, Россия, г. Москва, ул. Радио 17, lab13@viam.ru*

Прозрачная керамика на основе оксинитрида алюминия (AlON) – материал, обладающий уникальным сочетанием оптических и механических свойств, который перспективен для применения в различных областях промышленности в качестве ударопрочных окон, прозрачных видимой и ИК-области. Наиболее распространенным аналогом AlON является монокристаллический сапфир, однако изготовление изделий из него является дорогим и малопродуктивным. Промышленное производство прозрачных материалов на основе AlON отсутствует в РФ, в то время как в США оксинитрид алюминия широко востребован и выпускается в промышленных масштабах. В связи с этим проведение исследований в области синтеза прозрачной керамики AlON продолжает оставаться актуальным.

По диаграмме состояния псевдобинарной системы Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–AlN, представленной в работе

[1], можно установить состав (35,7 мол. % AlN; 64,3 мол. % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), температуры образования (1700 °С) и плавления (2165 °С) фазы γ-AlON. Основным недостатком синтеза керамики AlON является высокая температура ее спекания. Одним из способов ее снижения является введение спекающей добавки Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в количестве 0,6 мас. %, способствующей образованию жидкой фазы на границах зерен AlON и интенсификации процесса уплотнения керамики [2].

Другим способом снижения температуры является применение искрового плазменного спекания (ИПС) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и AlN [3], основными достоинствами которого являются возможность достижения высоких скоростей нагрева и охлаждения и 100 %-ного уплотнения заготовки при более низких температурах и временах обработки, чем традиционный обжиг или горячее прессование. Однако работы по получению